

# Kunststoffe in der Medizin

HERAUSGEGEBEN VON

ROLF HEINZE



JOHANN AMBROSIUS BARTH · VERLAG · LEIPZIG

# KUNSTSTOFFE IN DER MEDIZIN

Unter Mitarbeit von

DR. FRITZ ANSTETT, ZSCHADRASS, DR. RUTH BÜRNER,  
BERLIN, DR. ROLF HEINZE, KARL-MARX-STADT, PROF.  
DR. PETER FRIEDRICH MATZEN, HALLE AN DER SAALE,  
DR. SC. NAT. KURT THINIUS, LEIPZIG

Herausgegeben

von

**DR. ROLF HEINZE**

Direktor des Chirurgischen Krankenhauses Karl-Marx-Stadt, Vorsitzender  
des Arbeitskreises „Plaste und Chemiefasern“ in der Medizin des  
Gesundheits-Ministeriums der Deutschen Demokratischen Republik

Mit 244 Abbildungen im Text



1 9 5

JOHANN AMBROSIUS BARTH · VERLAG · LEIPZIG

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdruckes,  
der fotomechanischen Wiedergabe und insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten  
Copr. 1955 by Johann Ambrosius Barth, Leipzig / Printed in Germany  
Satz und Druck von VEB Ratsdruckerei Freiberg III/11/4  
Lizenz Nr. 285 125/26/55

# KUNSTSTOFFE IN DER MEDIZIN

## VORWORT

Der Gedanke, körpereigenes Gewebe durch körperfremdes zu ersetzen, ist nicht neu. Jedoch scheiterten die immer wieder gemachten Versuche daran, daß bisher kein Fremdkörper gefunden werden konnte, der wirklich allen Anforderungen hinsichtlich Gewebsverträglichkeit und Belastungsfähigkeit auf die Dauer genügte. In den letzten Jahren spielen beim alloplastischen Ersatz von Körpergeweben verschiedene Polymerivate, z. B. die der Methacrylsäure oder des Caprolactams eine ständig zunehmende Rolle. Das auf diesem Gebiet erschienene Schrifttum ist außerordentlich umfangreich und kaum zu überschauen. Bei der Beurteilung der Anwendungsmöglichkeiten der sogenannten Plaste stehen sich absoluter Pessimismus und übertriebener Optimismus gegenüber.

Zweck dieses Buches ist, die von den Mitarbeitern auf ihrem Spezialgebiet gemachten Erfahrungen geschlossen vorzutragen, um einen Überblick über die Grundlagen und das bisher Erreichte zu geben. Es soll vor allem verhindert werden, daß Wege, die sich als nicht gangbar erwiesen haben, immer wieder erneut beschritten werden. Durch das Aufzeigen von Mißerfolgen und Fehlern lassen sich diese vermeiden und damit die Ausgangsposition bei Aufnahme eigener Versuche verbessern. Der Darstellung liegen die umfassenden Erfahrungen der Verfasser auf ihren Arbeitsgebieten zu Grunde, so daß diese eingehend behandelt werden, während andere nur soweit berücksichtigt sind, als zuverlässige Ergebnisse vorliegen.

Die Verfasser sind der Ansicht, daß die Alloplastik sicherlich kein Allheilmittel darstellt, daß man ihr aber schon heute auf manchen Gebieten einen therapeutischen Raum einräumen muß, den es gilt, im Interesse unserer Kranken exakt abzugrenzen und zu erweitern.

Unser aller Dank gilt dem Verlag Johann Ambrosius Barth, der die schwierige Aufgabe der Herausgabe dieses Buches mit großer Sorgfalt löste.

Karl-Marx-Stadt, im Dezember 1954

DR. ROLF HEINZE

# INHALTSVERZEICHNIS

## Allgemeiner Teil

	Seite
I. Die Entwicklung der klinischen Anwendung von Plasten. Von Dr. Rolf HEINZE, Direktor des Chirurgischen Krankenhauses, Karl-Marx-Stadt	1
II. Die chemischen und physikalischen Grundlagen der Anwendung der Plaste in der Medizin. Von Dr. Kurt THINIUS, Diplom-Chemiker, Institut für Technologie der Plaste, Leipzig	3
1. Definition	8
2. Rohstoffe	9
3. Prinzipielle Aufbaumöglichkeiten der Plaste	11
4. Einige chemische und physikalische Eigenschaften der Plaste	19
5. Die medizinisch wichtigsten Hochpolymeren nach Herstellung, Eigenschaften und technologischer Verarbeitung	26
6. Wirtschaftliche Bedeutung	35

## Spezieller Teil

III. Die Plastfaser in der Medizin. Von Dr. Rolf HEINZE, Direktor des Chirurgischen Krankenhauses, Karl-Marx-Stadt	37
1. Nahtmaterial	37
2. Netze und Bänder aus Perlon	41
IV. Die Polyamid-Thoraxplombe. Von Dr. Fritz ANSTETT, Direktor der Tuberkuloseheilstätte Zschadraß bei Colditz	44
V. Die Implantation künstlicher Linsen aus Piacryl nach Cataract-Operation. Von Dr. Ruth BÖRNER, Oberärztin der Universitäts-Augenklinik Humboldt-Universität Berlin	67
VI. Kanalisation mit Plasten. Von Dr. Rolf HEINZE, Direktor des Chirurgischen Krankenhauses, Karl-Marx-Stadt	76
VII. Plaste in der Frakturenbehandlung. Von Dr. Rolf HEINZE, Direktor des Chirurgischen Krankenhauses, Karl-Marx-Stadt	78
VIII. Plaste bei der Behandlung spezifischer und unspezifischer Entzündung der Knochen und Gelenke. Von Dr. Rolf HEINZE, Direktor des Chirurgischen Krankenhauses, Karl-Marx-Stadt	90

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
IX. Zur Alloplastik des Hüftgelenks. Von Professor Dr. Peter Friedrich MATZEN, Direktor der Orthopädischen Universitäts-Klinik der Martin-Luther-Universität, Halle/S.	102
1. Einige anatomische Gegebenheiten	102
2. Zur Gelenkalloplastik verwendetes Material	103
3. Ergebnisse histologischer Untersuchungen	108
4. Methoden der Alloplastik des Hüftgelenks	111
5. Vergleich der im Schrifttum niedergelegten Ergebnisse der Mulden- und der Hüftkopfstiftprothesenplastik	114
6. Die Zugangswege zum Hüftgelenk	116
7. Ergebnisse der Alloplastik des Hüftgelenkes	129
8. Vor- und Nachsorge bei der Hüftgelenkalloplastik	143
X. Knochen- und Gelenkersatz mit Plasten. Von Dr. Rolf HEINZE, Direktor des Chirurgischen Krankenhauses, Karl-Marx-Stadt	150
1. Die Indikation für Plast-Endoprothesen	154
2. Endoprothesen zum Ersatz von Knochen- und Gelenkabschnitten des Oberarmes	160
3. Endoprothesen zum Ersatz größerer Knochen- und Gelenkabschnitte der unteren Extremität	167
4. Ellenbogen- und Kniegelenkendoprothesen aus organischem Glas	177
Sachverzeichnis	188

## ALLGEMEINER TEIL

### I. Die Entwicklung der klinischen Anwendung von Plasten

von

ROLF HEINZE

Die Mitte des vorigen Jahrhunderts war in der Chemie, ebenso wie in der Medizin der Beginn eines Zeitabschnittes neuer großer, umwälzender Entdeckungen und Erfindungen. Vor dieser Zeit war der einzige, schon seit Jahrhunderten bekannte Kunststoff das Wachstuch. Es spielte in der Medizin nur eine unwesentliche Rolle.

Die ersten Kunststoffe waren meist durch Pressen von Papier und anderen Naturstoffen unter gleichzeitiger Behandlung mit Laugen und Säuren hergestellt worden. Der bekannteste davon ist die Vulcanfiber, die sich auch in der Medizintechnik schnell einen Platz erobert hat.

Um dieselbe Zeit aber gelang auch die Herstellung des Kautschuk und des Kunstkautschuk. Der Kautschuk hat sich vor allem in der Gebißprothetik bewährt. Neben diesen auf pflanzlicher Grundlage hergestellten Plasten wurden bald auch solche aus tierischen Stoffen (z. B. das Galalith — auch Kunsthorn genannt) entwickelt. Der erste dieser Kunststoffe, der in der Medizin, insbesondere in der Chirurgie Eingang fand, war das Zelluloid. Schon 1894 wurde es von Fraenkel erstmalig zum Verschluß von Defekten an der Schädeldecke verwandt. Seine äußeren Eigenschaften, Durchsichtigkeit, Glätte und Formbarkeit in der Wärme, mußten den Chirurgen zur Verwendung in und am Körper des Menschen anregen. Die bei der Verwendung des Zelluloids eingetretenen Gewebsschädigungen diffamierten die Kunststoffe für mehrere Jahrzehnte. Nur so ist es zu verstehen, daß die um die Jahrhundertwende entwickelten Kunstrarze, die wir heute zum Teil am Menschen verwenden, viele Jahrzehnte in der Medizin nicht angewandt wurden. Abgesehen von einer Arbeit von Funke aus dem Jahre 1915 über die Verwendung von Zelluloid am Schädel, setzt eine allgemeinere Anwendung von Plasten in der Chirurgie und in der Gesamtmedizin erst gegen Ende der 30iger Jahre dieses Jahrhunderts ein.

Das Zelluloid verursacht starke Gewebsreizung, wie Fraenkel und Funke beobachteten. Kleinschmidt konnte sogar über die Entstehung eines echten Carcinoms im Bindegewebe der Umgebung der Zelluloid-Einpflanzung berichten. Das Zelluloid wird heute in wenigen Ländern von Chirurgen nur dann angewandt, wenn eine ausgesprochen derbe Gewebsplatte erzielt werden soll, so z. B. beim Aorten-Aneurysma, das operativ mit einem Zelluloid-Film umscheidet wird, um eine starke Gewebsreaktion zu verursachen, und auf diese Weise die Gefäßwand zu verstärken (Poppe, de Oliveira). Zum Verschluß des Ductus Botalli benutzen einzelne amerikanische Chirurgen (Groß, Harrison and Chandy, Pearce) auch heute noch Zelluloid-Filme, mit denen sie den Ductus umkleiden, um ihn so durch die eintretende starke Gewebsreaktion zum Verschluß zu bringen.

Sicher war es die beobachtete Gewebsreizung, die die Einführung an sich gut geeigneter Plasten in die plastische Chirurgie wesentlich erschwerte. Wenn man die Herstellungsweise des Zelluloid kennt und seine Löslichkeit im Organismus beachtet, dann kann diese Gewebsreaktion nicht wundernehmen (Oppenheim, Page). Die modernen Plaste, auf organischer Basis meist aus Kohle und Kalk hergestellt, haben den Vorteil, daß ihr Entstehungsprozeß chemisch absolut geklärt ist und der Arzt genau weiß, ob der vom Chemiker gelieferte Plast reizlos ist.

Zwischen der Entdeckung an sich geeigneter organischer Körper und ihrer Verwendung in der Medizin liegen Jahrzehnte, und auch heute noch ist ein großer Teil der Chirurgen und Mediziner dem „Kunststoff“ gegenüber skeptisch, auf Grund der von der Ärztegeneration vor dem 1. Weltkrieg gemachten Erfahrungen. In Deutschland setzten sich 1938 Rehn und Dötzter für die Polyvinyle in Form der Plombe zur Erweiterung und zum Ausbau der Collaps-chirurgischen Behandlung der Lungen-tuberkulose ein. Die Arbeit hat in Deutschland nicht die ihr zukommende Beachtung gefunden. Der Gebrauch von Kunststoffen war bis dahin fast ausschließlich auf die Verwendung am Schädel beschränkt. Hier setzt sich seit 1939 vor allem das Polymethacrylat, genannt Plexiglas, durch. Im übrigen wurden Plaste für die Herstellung von Kathetern, auch Herz-kathetern, verwandt. Englische Experimentatoren (Clark and Wentsler), die Versuche am Affenhirn anstellten, entfernten die knöcherne Calotte des Versuchstieres und ersetzten sie durch Polymethacrylat-Nachbildungen. Sie stellten dabei die Bindegewebefreundlichkeit des Plexiglasses fest, und so kam es, daß das Plexiglas zur Deckung auch großer Defekte am Schädel-dach bei den Alliierten des 2. Weltkrieges (Woolf and Walker) vielfach Anwendung fand. Die guten mechanischen Eigenschaften des Plexiglasses, seine relativ große Festigkeit bei geringstem Gewicht bewirkten sogar die Empfehlung zur Herstellung von Helmen aus Plexiglas (Davis, Virelizier und Leroux). Man glaubte dadurch auch eine Vorsorge für den Fall einer Verletzung zu treffen, da Plexiglassplitter im Hirn reizlos einheilen können. Die hohe Festigkeit und das geringe spezifische Gewicht auch

anderer Plaste, z. B. des Perlons und des Nylons, haben ja auch neuerdings zur Herstellung von schußfesten Westen aus diesen Stoffen geführt.

Das Plexiglas wurde vor allem bei der Gelenkalloplastik zu dem heute meist gebrauchten Material. Auch andere Plasten sind für diesen Zweck von verschiedenen Seiten empfohlen worden. Sicher ist, daß Kunststoffprothesen meist reizloser sind als Metallprothesen. Die oft beobachtete Verknöcherung, in der Umgebung der Hüftkopfplastik, kann nicht als Test für die mehr oder weniger große Reizlosigkeit der Plaste angesehen werden. Den Verknöcherungen dürfte nach unserer Meinung eine mechanische Irritation des umgebenden Gewebes ähnlich wie bei der Myositis ossificans zugrunde liegen. Es gibt eigentlich kein Binde- oder Stützgewebe des menschlichen Körpers, das nicht mit Plasten, zum Teil auch mit Folien ersetzt worden wäre. So wird über Erfahrungen des Ersatzes der Dura mit Polyaethylen-Folien schon während des 2. Weltkrieges berichtet. Die Reizlosigkeit des Plexiglasses bei Einlagerung ins Gehirn ermöglichte auch die Verwendung dünner Kanülen aus Plexiglas zur Herstellung von Verbindungen innerhalb des Ventrikelsystems des Gehirns (Ingraham). In den USA hat sich durch die Plexiglaskanüle eine Rückenmarksdauer-Anaesthesia entwickelt, da man solche Kanülen ohne Schaden über Stunden im Markkanal liegenlassen kann (Kirchoff). Die Kanülen werden durch einen Metalltrokar eingeführt, den man nach Einstechen in den Lumbalsack von der Kanüle abzieht. Auch andere Plaste, wie Perlon und die Polyaethylen, wurden zur Kanalisation verwandt. Man glaubte auch, Neurinome und Kausalgien nach Amputation sicher verhüten zu können, wenn bei der Operation die Nervenstümpfe durch Plastfolien eingescheidet werden, um dadurch ihr Aussprossen zu verhüten (Edds).

Die weitaus größte Anwendung haben die Plaste seit Jahrzehnten in der Herstellung der Brillengestelle und in der Herstellung von Zahnersatz gefunden. Hier liegen Beobachtungen an Millionen von Gebiß- und Brillenträgern vor. Es nimmt deshalb nicht wunder, daß die Verwendung der Plaste, vor allem des Plexiglasses, auch zur Herstellung von Haftgläsern von verschiedenen Seiten erprobt und empfohlen wurde. Für die Drainage des Tränensackes werden Plaströhrchen in den obliterierten Ductus nasolacrimalis eingepflanzt. Auch als Linsenersatz wird Plexiglas verwandt (siehe Beitrag V). Zur Versorgung der Höhle nach Enucleation des Bulbus oculi werden auch Perlonbällchen verwendet (Velhagen, Oesterle). Gerade in der Umgebung des Auges werden zu verschiedensten Zwecken, Lidplastik, Bulbusersatz usw., Plaste verwandt. Bei der Nasenplastik wird seit Jahrzehnten das Paraffin, ein in seiner chemischen Zusammensetzung wenig gewebsfreundlicher Körper, verwandt. Derartige Plastiken sind aber unbeständig. Stattdessen werden daher heute in immer steigendem Maße Plaste angewandt. Es muß bei ihrer Verwendung beachtet werden, daß solche Patienten keine Brillenträger sein dürfen, da es sonst leicht zur Nekrose der Haut zwischen Brillenbügel und Plastspan kommen kann (Dufourmentel, L., und Gineste). Bei der operativen Behandlung der Ozaena werden ebenfalls Plaste mit gutem Erfolg angewandt (Eyriss).

Für die Dauerdrainage der Kieferhöhle verwendet man Plaststoffkanülen (C o n l e y). Kunststoffröhren sind ein wesentlicher Bestandteil moderner Operationsmethoden der Otosklerose geworden, oft sogar die Voraussetzung zur Durchführung solcher Operationen (A u b r y). Die Verwendung von Plasten als Knorpelersatz am Ohr zeigt gute Ergebnisse (G u r d i n et. alt.). Die Patienten klagen aber nach der Plastik über starkes Kältegefühl an den Ohren, was auch nach Nasenplastiken mit solchen Plasten beobachtet wurde (H o l t).

Im Bereich des Halses sind bisher vor allem erfolgreiche Tierversuche zum Ersatz des Oesophagus und des Kehlkopfes durchgeführt worden (G r i n d - l a y). Bei Menschen wurden Teile des Kehlkopfes durch Plastnachbildungen ersetzt (G r i n d l a y und M a n n). Beim Oesophagusersatz bildet sich um das Plastrohr ein fester Bindegewebsschlauch, der dem ursprünglichen Oesophagus in seinem zelligen Aufbau ähnlich ist (Z e l l e r).

K u n t z e n zeigte auf der Tagung der sächsischen Chirurgen im Oktober 1953 eine stereoskopische Farbbildserie einer gelungenen Speiseröhrenplastik mit Plaststoff. Bei der Herstellung einer Verbindung vom Mund zum Magen wurden subcutan Plaströhren vor dem Brustbein bis zum Magen durchgezogen und in den Magen eingenäht, entsprechend dem Vorgehen bei der antethoracalen Oesophagusplastik. Diese Methode hat sich vor allem da bewährt, wo man eine zeitweilige Ruhigstellung der Speiseröhre erreichen wollte. Der Trachealersatz stößt vor allem dann auf Schwierigkeiten, wenn die Plaströhre dem Tracheal-Epithel aufliegt. Hier kommt es immer zum Hustenreiz und sogar zum Aushusten der Prothese (D o r e t a l t e r a). Auch die Versuche von Bronchusplastiken scheiterten bisher. Zur Sicherung des Bronchialverschlusses bei der Lob- oder Pneumektomie wurden Ppropfen aus verschiedenen harten Plasten empfohlen, um den Verschluß zu sichern (G r i n d l a y). Zur Auffüllung des nach Lob- und Pneumektomie entstehenden Cavums wurden intra- und extrapleural einzulegende Plomben aus verschiedenen Plasten probiert. Die bisherigen Ergebnisse sind aber noch wenig befriedigend. Man hat auf diesem Wege versucht, die Überdehnung der gesunden Lunge bzw. des oder der verbleibenden Lungenlappen zu verhüten (J o h n s o n et al t e r a), siehe auch Beitrag IV. Bewährt haben sich die extrapleuralen Plomben, wie etwa die von Anstatt angegebene (siehe dessen Beitrag).

In der Herzchirurgie werden neuerdings Bänder als Plasten zur Verfestigung insuffizienter Klappen angewandt (H a r r i s o n a n d C h a n d y). Im Tierversuch wurden mit Plexigaskugeln ventilartige Verschlüsse bei Klappeninsuffizienzen erreicht (W e i s). Es gelang auch der Ersatz der Bauchaorta bis zu 3 cm Länge mit innen polierten Methacrylatröhren. Die Katheterisierung des Herzens zur Entnahme von Blut oder zur Darstellung seiner Hohlräume wird häufig mit Plastkathetern durchgeführt. Ihre glatte Oberfläche bietet den besten Schutz gegen Fibrinausfällung im Blut. H i r s c h - b o e k konnte die wesentlich verzögerte Blutgerinnung in Methacrylatröhren nachweisen.

In der Bauchchirurgie sind es vor allem die Gewebe aus solchen Chemiefasern, die als Netze zum Verschluß großer Bauchwandbrüche von uns in großer Zahl angewandt werden (siehe Beitrag III, 1). Bei der Wiederherstellung des Ductus choledochus bewährten sich die durchsichtigen Perlonrörchen, bei denen man intra operationem das tatsächliche Durchfließen der Galle beobachten kann (siehe Beitrag VI, 1). Netze werden auch zum Aufhängen dystoper Nieren benutzt (Müller, Kucera). Die Plaströhrchen bieten reiche Anwendungsmöglichkeit bei der Ureterenplastik (Ferris et al 1961). Als Drainagerörchen sind die aus Plasten hergestellten Drains dem Gummi vorzuziehen. Es wurden Spülsysteme aus Plasten gespritzt, um z. B. bei der Urämie eine Dauerspülung der Bauchhöhle durchzuführen (Ferris und Odeil). Zur Ableitung des Aszites haben sich durchbohrte Methacrylatscheiben bewährt, die in das Peritoneum und in die Fascie eingehämt werden, um ein Abfließen der Flüssigkeit in das Beckenbindegewebe zu ermöglichen und so dem Patienten die häufig notwendig werdenden Punktions zu ersparen (Steinhardt und Saexinger).

In Aceton gelöste Plasten werden zum Schutze auf die umgebende Haut bei künstlichem After und bei Fisteln aufgetragen, sie dienen auch zum Schutz des Operationsfeldes (DeBakey et al 1961). Hier bewährt sich vor allem das Silikon, ein anorganischer Plast, in zunehmendem Maße.

In der Gefäßchirurgie sind die verschiedenen Formen der Anwendung von Plastfolien oder -Drains noch sehr umstritten. Für die Dauerinfusion sind Plastkanülen der Venenwand zuträglicher als Metallkanülen. Man kann solche Kanülen über mehr als 5 Tage, ohne Thrombangitis zu verursachen, liegen lassen (Meyers), siehe auch den Beitrag VI, 1. Bei uns bewährten sich solche Kanülen beim Einspritzen stark reizender Medikamente, wie etwa der Paraminosulfosalicylsäure.

In der Extremitäten-Chirurgie hat die Alloplastik der Gelenke durch die Polymethacrylate und durch die Polyamide Fortschritte machen können (Judeit, J. und R., Herbert und Seiffert, Burmann, Melle), siehe auch Beitrag IX. Bei uns hat sich das Piacryl der Stickstoffwerke Piesteritz für die Knochen- und Gelenk-Alloplastik bewährt. In der plastischen Wiederherstellung von Sehnen und Sehnengleitbahnen finden Plastfolien und Gewebe wegen ihrer guten Gewebsverträglichkeit Anwendung.

Hochmolekulare Lösungen, vor allem das Polyvinylchlorid wird mehr und mehr als Blutersatzmittel angewandt, da sie die Bildung von Antikörpern unmöglich machen, andererseits aber als Medikamententräger hervorragend zu gebrauchen sind. Bei Auto-Intoxikation haben sie eine entgiftende Wirkung (Room et al 1961, Solandt).

Der Anwendungsumfang der Plaste ist in Deutschland noch verhältnismäßig gering. Die durch ungeeignete oder unzulänglich präparierte Plaste hervorgerufenen Schädigungen haben die Ärzteschaft abgeschreckt. Ich denke da

vor allem an Nervenschädigungen, die durch Igelit, ein Polyvinylchlorid, verursacht wurden, das man mit für den menschlichen Gebrauch unzulässigen Weichmachern bearbeitet hatte. Auch das Nahtmaterial aus Chemiefasern wird teilweise noch abgelehnt, weil nicht dem Plast zur Last zu legende Reizungen durch dieses Nahtmaterial auftraten. Hier führten vor allem die bei der Verarbeitung des Rohfadens benutzten Schmiermittel, sogenannte Schlüchte, die oft ihrer chemischen Herkunft nach starke Gewebsreizer sind, zu Schäden. Die Antibiotica werden in ihrer Wirkung oft gehemmt, durch die zu ihrer Applikation verwandten Materialien, z. B. Metall der Spritze, Gummi des Drains usw. Von den Plasten hemmt das Penicillin z. B. nur das Polyvinylchlorid (Narat, Cipolla).

Die Plaste verlangen ein eingehendes Studium, bevor ihre Anwendung in der Medizin möglich werden kann. Um Schädigungen durch sie zu vermeiden, sollte eine staatliche Kommission eingerichtet werden, die die Anwendung beim Menschen ausdrücklich erlaubt oder verbietet. Nur so können Schädigungen durch Plaste vermieden, die Patienten vor Schaden bewahrt und ein häufig unbegründetes Mißtrauen beseitigt werden. Im Vordergrund steht hier die Prüfung im Tierexperiment und *in vitro*.

Die Entwicklung der Plaste und ihre Anwendung in der Medizin steht erst in ihren Anfängen. Vor allem in der Technik haben sie ein großes Anwendungsgebiet gefunden.

Es gibt kaum ein festes oder flüssiges Material, das nicht durch Plaste ersetzt werden könnte. Mancher Enthusiast nennt unser Zeitalter deshalb das *Zeitalter der Plaste*.

#### Schrifttum

- Aubry, M.: Annal d'Oto-Laryng. 63, 10 (1946)  
 Bing, Kettel: Acta Oto-Laryngologica Supplementum XCI Kopenhagen  
 Bing, J.: Acta Chir. Scandinav 100, 293 (1950)  
 Blum, G.: Proc. Bog. Soi. Med. 38, 169 (1944)  
 Burman, M. S.: Bull of the Hosp. fordoint dis. 9, 205 (1948)  
 Burman, M. S.: Am. S. Surg. 62, 124 (1943)  
 Burman, M. S., R. H. Abrahamson: Mil. Surg. 93, 405 (1943)  
 Clark and Wentsler: Vol. 18, Assoc. Research Nervous and Mental Dis. p. 218. Baltimore (1938)  
 Conley, S. S.: Ann. Otol. Rhinol. Laryng. 56, 678 (1947)  
 Davis, L.: Surgery, Gynecology and Obstetrics, Bd. 79 (1944)  
 De Bakey, M. E., F. A. Simeone, Ann. Surg. 123, 534 (1946)  
 Debrunner, K. V.: Schweiz. Wschr. 8, 251 (1945)  
 Doetzer, H.: Z. f. Chir. 65, 2661 (1938)  
 Dufourmentel, L., et Ginestet: Mem. Acad. Chir. 74, 201 (1948)  
 Dor S. Spitalier, Ottavio, Bonneau: Presse Med. 59, 1389 (1952)  
 Edds, Mac. V.: Journ. Neurosurgery, Heft 2, 507 (1945)  
 Eyries, C.: Annal d' Oto-Laryng. 263, 581 (1946)  
 Ferris, O. D., S. H. Grindlay: Proc. Staff. Meet. Biol. Med. 72, 461 (1949)  
 Ferris, O. D., and H. M. Odell: Mayo-Klinik 23, 612 (1948)  
 Fraenkel, A.: Arch. klin. Chir. Band 50, 407 (1895)  
 Funke, A.: Z. Chir. Band 42, 257 (1915)  
 Grindlay, J. H.: Arch. Surg. 24, 22 (1948)

- Grindlay, J. H., F. C. Mann: Arch. Surg. 56, 794 (1948)  
Gross, R. E.: Surg. Gyn. Obst. 78 (1944)  
Gurdin et al. U. S. Nov. M-Bull 42: 644—650 (1944)  
Harrison, P. W., and J. Chandy: Analys of Surgery 118, 478 (1943)  
Heinze, Rolf: Dt. Gesundheitswesen, Heft 37 und 41, S. 1109 und 1238 (1953),  
Heft 39, S. 1182 (1953)  
Hirschboeck, S. S.: Proc. Soc. exp. Biol. Med. 47, 311 (1941)  
Holt, J. A. B., R. S. Lloyd: Arch. Otolaryng. 47, 406 (1948)  
Herbert, G.: Dt. Med. Z. Berlin, S. 412 (1953)  
Ingraham, F. D., et altera: The New England, J. of M. 236, 362, 402 (1947)  
Johnson, S., C. K. Kirby, C. S. Laxatin, S. A. Cocke: Surgery 22,  
179 (1947)  
Judet, J., R. Judet: J. de chir. 65, 17 (1949)  
Judet, J., R. Judet, G. Crepsin, Rigault: Presse med. 55, 302 (1947)  
Kirchhof, A. C., D. C. Boals: Western S. Surg. 57, 88 (1949)  
Kleinschmidt, O.: Chirurg, Band 13, 273 (1941)  
Kucera, S.: Rohzl. Chir. a Gynaek. 31, 107 (1952)  
Mellen, R. H., G. S. Phalen: J. Bone Soint Surg. 29, 348 (1947)  
Meyers, Am. J.: Nursing 45, 930 (1945)  
Müller, G.: Zbl. Chir. 78, 200 (1953)  
Oesterle, G.: Klin. Mbl. Augenhk. 123, 477 (1953)  
Oppenheimer, B. S., et altera: Stont A. P. Proc. Soc. exp. Biol. med. 67,  
33 (1948)  
Narat, Cipolla: Am. J. Surg. 71, 667 (1946)  
Page, J. H.: Journ. A. M. A. Dez. 2 (1939)  
Pearse, H. E.: Analys of Surgery Vol. 112, 925 (1940)  
Poppe, J. N., und de Oliveira: Journ. Thorac. Surg. Heft 15, 186 (1946)  
Roome et altera: Canad. med. Ass. J. 51, 293 (1944)  
Sheldon, C. H., Pudenz et altera: J. Neurosurgery 1, 67 (1944)  
Seiffert, J.: Dt. med. Z. Berlin, S. 414 (1953)  
Steinhardt und Saexinger: Chirur 12, 552 (1953)  
Solandt: Quart. J. exp. Physiol. 31, 25 (1941)  
Velhagen, K.: Persönliche Mitteilungen  
Virenque, M., et R. Leroux, et altera: Presse Medicale 55, 736 (1947)  
Weis, J.: 70. Tagung der Dt. Ges. f. Chir.  
Woolf and Walker: International Abstract of Surgery Vol. 81, 1 (1945)  
Zeller: zitiert bei Kirchhof und Boals in West J. Surg. 57, 88 (1949)

## II. Die chemischen und physikalischen Grundlagen der Anwendung der Plaste in der Medizin

von

KURT THINIUS

### 1. Definition

Mit dem Begriff „Plaste“ bezeichnen wir aus der Fülle der Verbindungen der organischen Chemie die technisch verwertbare Stoffklasse der Makromoleküle. Und unter einem Makromolekül oder einem Hochpolymeren wiederum verstehen wir solche Verbindungen, die mindestens 1000 Atome in ihrem Molekül hauptvalenzmäßig verbunden enthalten. Will man eine Grenze zwischen den Verbindungen der klassischen niedermolekularen Chemie und denen der in der Plast-Chemie und -technologie erzeugten und verwendeten Substanzen hinsichtlich ihres Molekulargewichtes ziehen, so kann man etwa einen Wert zwischen 3000 bis 5000 nennen. Man soll sich jedoch stets bewußt sein, daß in diesem Bereich sich die Eigenschaften der niedermolekularen und hochmolekularen noch sehr ähneln und der eigentliche makromolekulare Charakter in den physikalischen wie auch chemischen Eigenschaften erst dann zum Ausdruck kommt, wenn 2500 und mehr Bauelemente zum Aufbau der Hauptvalenzketten genutzt wurden. Es sind dies die Mesos und Eukolloide im Sinne Staudingers.

Die makromolekularen Stoffe, die Hochpolymeren, sind nun ausschließlich unter Verwendung eigentümlicher Reaktionsmethoden zu gewinnen, die der Chemie der niedermolekularen Produkte fremd sind und auch bei dem natürlichen und technischen Aufbau der Hochpolymeren voneinander abweichen. Andererseits jedoch bedienen sich Natur und Technik gleichartiger Methoden, um Plaste mit optimalen mechanischen Eigenschaften zu schaffen; das sind insbesondere die Ausrichtung der makromolekularen Bausteine durch Recken, die Kristallisation der so gerichteten Ketten und die auch dreidimensional gerichtete Vernetzung zwischen benachbarten Ketten. Letztere braucht durchaus nicht durch eine chemische Reaktion ausgelöst zu werden. Die bei den Makromolekülen in besonders starkem Ausmaße zur

Auswirkung kommenden Nebenvalenzen führen ebenfalls durch das ineinanderhaken der sperrigen und geknäuelten Molekülformen zu solchen mechanischen Verknüpfungen.

Unabhängig von dem speziellen chemischen Aufbau der Hochpolymeren ist für die Stoffklasse der Plaste charakteristisch, daß bei ihrer Verarbeitung für sich allein oder gemeinsam mit qualitätsbestimmenden Verarbeitungshilfsmitteln mindestens einmal ein plastischer Zustand benutzt wird.

Die ständig erhalten gebliebene Reversibilität der Plastizität in der Wärme ist das Unterscheidungsmerkmal der thermoplastischen Hochpolymeren von den härtbaren Plasten, die nach einmaligem Durchlaufen des thermoplastischen Zustandes so weit verändert, meist vernetzt werden, daß die Thermoplastizität aufgehoben ist. Demgemäß sind die beiden Hauptgruppen der Thermoplaste und Duroplaste zu unterscheiden.

## 2. Rohstoffe

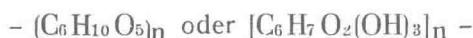
Weit früher, ehe daran gedacht werden konnte, Hochpolymere im Labor und später dann fabrikationsmäßig darzustellen, hat die Menschheit sich mit der Nutzbarmachung des makromolekularen Zustandes in den natürlichen hochpolymeren Stoffen beschäftigen können und müssen. Zu diesen natürlichen Hochpolymeren zählen, unter Berücksichtigung der Verschiedenartigkeit ihres Bauprinzips:

die polymeren Kohlenwasserstoffe: Kautschuk und Guttapercha

die polymeren Alkohole: Cellulose, Stärke, Pektine, Glycogen u. a.

die polymeren Aminosäuren: Proteine, Casein, Gelatine u. a.

Der älteste Kunststoff im moderner Sinne des Wortes ist das 1865 von dem Engländer Parkes aus der Baumwollpflanze resp. dem Holz über eine Reihe von Verfahrensstufen erzeugte Celluloid, das also den polymeren Alkohol Cellulose



ausnutzt und gemäß den Wünschen der Menschheit ihn veredelnd umformt zu einem auch heute noch vielfältig gebrauchten Plast.

Der gleiche, aus der Cellulose erhaltene hochpolymere Rohstoff Nitrocellulose war dann auch das Ausgangsmaterial für die erstmalige technische Darstellung einer künstlichen Faser, der sogenannten Chardonnetseide. In den Jahren zwischen 1890 und 1900 gelang es dann den Deutschen Fremery und Urban, die Cellulose über ihre Auflösung in Kupferoxydammoniak in Form von veredelten Fasern der Textilindustrie zur Verfügung zu stellen. Und fast gleichzeitig entwickelten die Engländer Cross und Bevan das heute bedeutendste Verfahren der Welterzeugung an Kunstofffasern, das Viscose-Verfahren. Die Übertragung dieser ursprünglich für die Lösung textiler Aufgaben geschaffenen Verfahren auf die Belange der Plast-Industrie, hat in ihrer Weiter-

entwicklung zum Röntgenfilm resp. zur Cellulosehydratfolie, dem Zellglas, geführt.

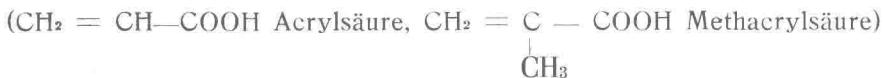
Eine Zufallserfindung von K r i s c h e und S p i t t e l e r fand im Jahre 1897 den Weg, um das aus der Kuhmilch abgeschiedene Casein am Faulen zu verhindern und dem gehärteten Casein eine solche Festigkeit zu verleihen, daß ab 1904 die Fabrikation des farbschönen Kunsthorns aufgenommen werden konnte.

Und die Ausnutzung der hochpolymeren Kohlenwasserstoffe vom Typ des Isoprens  $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH}_2$ , dem Kautschuk und der Guttapercha,



hatten schon die Inkas gelernt, um sich wasserdichte Stoffe und Schuhe herzustellen. Den Beginn der modernen Kautschuktechnologie können wir mit den Arbeiten von Goodyear auf das Jahr 1839 etwa festsetzen.

Mit Ende des vorigen und Beginn des jetzigen Jahrhunderts finden sich dann immer mehr Bemühungen, es nun nicht mehr bei der Ausnutzung dieser Hochpolymeren, die uns die Natur fast jährlich im Wechsel der Jahreszeiten immer wieder zur Verfügung stellt, zu lassen, sondern selbst Stoffe mit dem makromolekularen Bauprinzip synthetisch aufzubauen. Um die Jahrhundertwende begann Otto R ö h m seine Untersuchungen zur Polymerisation der Acrylverbindungen.



Der Belgier H. B a e k e l a n d nahm 1907 die ersten Patente zur Erzeugung von den Produkten, die wir heute als „Phenoplaste“ bezeichnen.

K l a t t e entdeckte dann 1912—1914 die Polymerisation des Vinylchlorids und Vinylacetats und legte damit einen weiteren Grundstein zur Chemie und Technologie der thermoplastischen makromolekularen Stoffe.

Es schließen sich dann in rascher Folge die Arbeiten an, die zur Schaffung der großtechnischen Erzeugung des Polystyrols, des Polyäthylens, des Polyvinyläthers, der Harnstoff- oder Melamin-formaldehydkondensate führen. Das Ende des 3. Jahrzehnts dieses Jahrhunderts weist die immer stärker in Erscheinung tretenden Polyamide, die sich in ihrem Bauprinzip wieder stark den natürlichen Eiweißstoffen nähern, die Polyester und Polyurethane auf. Und die Arbeiten des jetzigen Jahrzehnts lassen das Bemühen um Erweiterung des Sortiments an Plastrohstoffen mit speziellen oder verbesserten Eigenschaften erkennen. Hier mögen erwähnt werden die Äthoxylinharze, das Polyacrylnitril und die Mischpolymerisate des Nitrils und schließlich die nicht nur auf Verbindungen des Kohlenstoffs sich aufbauenden Polysiloxane, die Silikone.

Die Ausgangsmaterialien zur Erzeugung dieser synthetischen Polymeren sind im einzelnen recht mannigfaltig. Ihre technische Herstellung selbst ist